

PERILAKU AGONISTIK DAN PERBAIKAN LORONG KEMBARA PADA RAYAP *Macrotermes gilvus* Hagen (Isoptera: Termitidae)

Rut Normasari

Fakultas Pertanian, Universitas Klabat
(rutnormasari@unklab.ac.id)

Abstrak

Rayap *M. gilvus* Hagen termasuk salah satu rayap yang merugikan bagi manusia; akan tetapi, banyak hal yang belum dipelajari tentang rayap ini dibandingkan dengan rayap subterranean yang lain. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tahapan dan durasi perilaku agonistik serta perbaikan lorong kembara pada rayap subterranean *M. gilvus* Hagen. Metode yang digunakan adalah pengamatan secara langsung. Hasil pengamatan perilaku menunjukkan bahwa rata-rata durasi perbaikan lorong kembara *M. gilvus* Hagen adalah 1,770.47 detik, sedangkan durasi perilaku agonistik adalah 56 detik. Pada pengamatan perilaku agonistik, dari 17 koloni yang diamati, delapan koloni berakhir pada saat salah satu individu mati. Tahapan yang paling dominan adalah saling berhadapan (31.35%) dan saling menyerang (54.34%). Hasil penelitian ini mengindikasikan ada faktor yang mempengaruhi durasi perbaikan lorong kembara dan perilaku agonistik pada rayap *M. gilvus* Hagen.

Kata Kunci: perilaku agonistik, lorong kembara, *Macrotermes gilvus* Hagen

Abstract

M. gilvus Hagen termite is one of the harmful termites for humans; however, there are many things that have not been learned about this termite compared to other subterranean termites. The purpose of this study was to determine the stage and duration of agonistic behaviour and the improvement of the tunnel for the subterranean *M. gilvus* Hagen termite. The method used was direct observation. Observations of behaviour showed that the average duration in the improvement for the tunnel of *M. gilvus* Hagen was 1,770.47 seconds, while the duration of agonistic behavior was 56 seconds. In the observation of agonistic behaviour, from the 17 colonies observed, eight colonies ended when one of the termites was dead. The dominant phases were facing each other (31.35%) and attacking each other (54.34%). The results of this study indicate that there are factors influence the duration of the improvement of the tunnel and agonistic behavior in the termite *M. gilvus* Hagen.

Keywords: agonistic behavior, tunnel, *Macrotermes gilvus* Hagen

Rayap merupakan salah satu hewan yang dikenal oleh masyarakat sebagai hewan perusak yang merugikan. Rayap termasuk serangga sosial pemakan selulosa yang hidup berkoloni. Individu-individu rayap secara morfologi dibedakan menjadi bentuk belainan atau kasta-kasta yaitu reproduktif, pekerja, dan prajurit. Masing-masing kasta memiliki fungsi biologi yang berbeda. Fungsi reproduktif dilakukan oleh rayap reproduktif primer yaitu raja dan ratu (Tambunan & Nandika, 1990).

Pekerja adalah individu yang paling banyak di dalam koloni. Warna tubuhnya pucat dan lunak

dengan bagian mulut yang digunakan untuk mengunyah. Pekerja melakukan kebanyakan tugas di dalam koloni yaitu pembuatan dan perbaikan sarang, mencari makan, memberikan makan, dan merawat anggota lain dalam koloni tersebut. Makanan dari kasta pekerja disampaikan kepada kasta serdadu (prajurit) dan kasta reproduktif melalui anus atau melalui mulut (Supriana, 1984). Rayap prajurit mempunyai kepala sangat bersklerotisasi, memanjang, hitam, dan besar yang diperuntukkan dalam berbagai cara pertahanan. Prajurit dari kebanyakan jenis memiliki mandibula

yang panjang dan sangat kuat, memiliki kait, dan gunting untuk memotong kepala, anggota tubuh, dan merobek musuh atau pemangsa. Cara-cara mekanis pertahanan kadang-kadang diperlengkapi atau diganti oleh cara kimiawi, di mana satu cairan yang lengket dan beracun disekresikan oleh kelenjar-kelenjar frontal dan dikeluarkan melalui satu lubang yang diarahkan pada musuhnya (Afifuddin, 2000). Perilaku agonistik pada umumnya terjadi pada kasta prajurit; akan tetapi, itu bisa juga terjadi pada kasta selain pekerja (Sobotnik et al., 2010). Perilaku agonistik terjadi di antara spesies yang sama tetapi berasal dari koloni yang berbeda dan pada spesies yang berbeda (Haverty & Thorne, 1989).

Rayap merupakan binatang yang hidup berkoloni dalam jumlah yang sangat banyak. Rayap membangun sarangnya sebagai tempat untuk hidup, mencari makanan, dan berkembang biak. Seluruh kehidupan rayap dilakukan di dalam sarangnya. Sarang rayap bisa mencapai ketinggian 3 – 4 meter. Perilaku (etologi) rayap merupakan suatu pengetahuan esensial bagi masyarakat pengendali hama, sedangkan bagi masyarakat umum, hal ini bermanfaat sebagai penambah pengetahuan untuk menghindari kerugian ekonomis yang ditimbulkan oleh kerusakan terhadap bangunan habitat pemukimannya. Dengan demikian, dapat dilakukan tindakan atau perlakuan khusus untuk mengendalikan hama perusak kayu ini (Borrer, Triplehorn, & Johnson, 1992).

Dalam hidupnya, rayap mempunyai sifat atau perilaku kriptobiotik, trofalaksis, kanibalistik, dan nekrologi (Jeyasingh & Fuller, 2004). Sifat kriptobiotik adalah sifat yang ingin selalu menyembunyikan diri dan menjauhi cahaya. Akibat dari sifat ini, rayap selalu bersembunyi di tempat gelap, dan bila terpaksa harus berjalan di permukaan terbuka, mereka membentuk pipa pelindung atau lorong kembara. Dalam membuat lorong kembara ini, kadang-kadang plastik, logam tipis, atau tembok ditembusnya, sedangkan trofalaksis adalah proses pemberian makan oleh rayap pekerja ke kasta yang lain melalui anus (Tarumingkeng, 2000).

Kasta prajurit ditandai dengan bentuk tubuh yang kekar karena penebalan (sklerotisasi) kulitnya agar mampu melawan musuh dalam rangka tugasnya mempertahankan kelangsungan hidup koloninya. Mereka berjalan hilir mudik di antara para pekerja yang sibuk mencari dan mengangkut makanan. Gangguan dapat diteruskan melalui "suara" tertentu sehingga prajurit-prajurit bergegas menuju ke sumber gangguan dan berusaha mengatasinya. Jika lorong kembara diganggu sehingga terbuka, pekerja-pekerja diserang oleh semut, sedangkan para prajurit sibuk bertempur melawan semut-semut. Kasta pekerja membentuk

dimodifikasi untuk memotong dengan cara seperti sebagian besar koloni rayap. Tidak kurang dari 80 persen populasi dalam koloni merupakan individu-individu pekerja. Tugasnya hanya bekerja tanpa berhenti hilir mudik di dalam lorong-lorong kembara untuk mencari makanan dan mengangkutnya ke sarang, membuat terowongan-terowongan, menyuapi dan membersihkan reproduktif dan prajurit, membersihkan telur-telur, dan membunuh serta memakan rayap-rayap yang tidak produktif lagi (karena sakit, sudah tua atau juga mungkin karena malas), baik reproduktif, prajurit maupun kasta pekerja sendiri (Leponce, Roisin, & Pasteels, 1999).

Beberapa rayap hidup di dalam habitat-habitat di bawah tanah yang lembab, dan lainnya hidup di habitat yang kering di atas tanah. Habitat di bawah tanah secara normal hidup di kayu yang terletak di bawah tanah atau kontak dengan tanah. Rayap ini dapat masuk ke dalam kayu yang letaknya jauh dari tanah, tetapi harus mengusahakan jalan lintas atau lorong penghubung ke dalam tanah; dari tempat itu mereka memperoleh kelembaban. Beberapa jenis membuat tabung-tabung tanah antara tanah dan kayu di atas tanah. Tabung-tabung ini dibuat dari tanah yang dicampur dengan sekresi dari satu lubang di atas bagian depan kepala (ubun-ubun/fontanel). Sarang-sarang dapat berada di dalam tanah seluruhnya atau dapat menonjol di atas permukaan (Borrer et al., 1992).

Rayap termasuk ke dalam ordo Isoptera. Rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen termasuk ke dalam famili Termitidae. *M. gilvus* Hagen merupakan salah satu jenis rayap yang banyak merugikan. Penyebaran rayap tanah *M. gilvus* Hagen terbatas di Asia Tenggara khususnya Indonesia, Malaysia, dan Thailand (Tho, 1992).

Metode Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Kampus Institut Pertanian Bogor (IPB) Darmaga-Bogor pada bulan Juni, 2010. Koloni rayap yang diamati adalah koloni *M. gilvus* Hagen yang berhasil ditemukan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pengamatan langsung. Alat-alat yang digunakan berupa handycam, penggaris, kuas, dan komputer.

Pengamatan Perilaku Perbaikan Lorong Kembara *M. gilvus* Hagen

Lorong-lorong kembara yang ditemukan dari satu koloni dipilih secara acak sebanyak satu lorong kembara. Kemudian lorong tersebut diukur sepanjang 1 cm. Setelah itu, lorong yang telah diukur dibuka dan direkam dengan menggunakan handycam. Rekaman dihentikan apabila lorong

kembara sudah tertutup seluruhnya. Pengamatan dilakukan melalui bagian luar lorong kembara.

Pengamatan Perilaku Agonistik *M. gilvus* Hagen

Rayap kasta prajurit minor dari dua koloni yang berbeda masing-masing diambil satu ekor, kemudian dengan menggunakan kuas ditaruh berdekatan pada satu tempat dan direkam dengan menggunakan handycam. Rekaman dihentikan apabila salah satu rayap prajurit kasta minor mati atau melarikan diri.

Analisis Data

Hasil rekaman diamati dengan menggunakan komputer untuk menentukan durasi perbaikan lorong kembara dan agonistik. dianalisis dengan

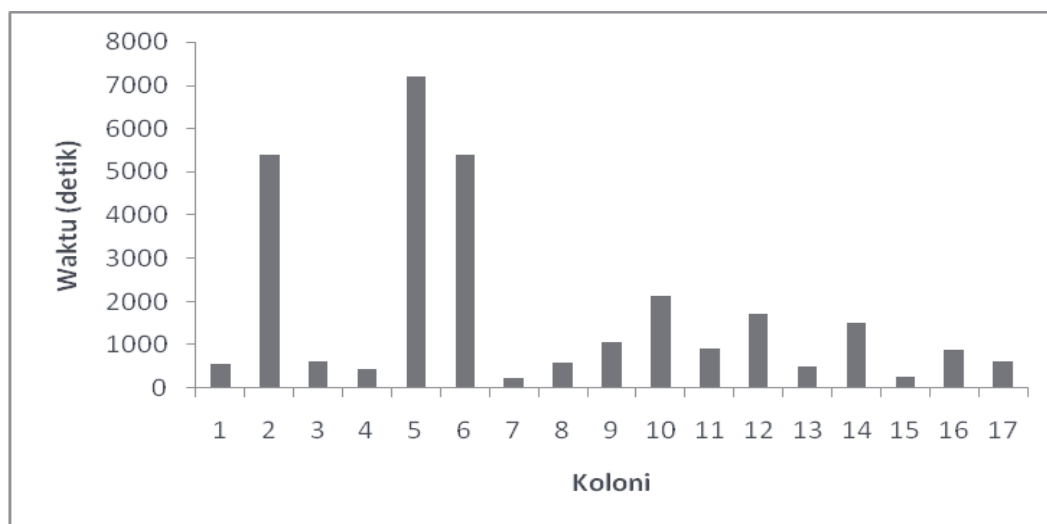
menggunakan Excel, dan data yang didapatkan ditampilkan dalam bentuk tabel dan gambar.

Hasil dan Pembahasan

Perbaikan Lorong Kembara

Durasi perbaikan lorong kembara rayap *M. gilvus* Hagen yang dirusak pada ketujuhbelas koloni menunjukkan hasil yang beragam (Gambar 1). Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki lorong kembara adalah 1,770.47 detik. Waktu terlama terdapat di koloni 5 yaitu 7,200 detik, kemudian koloni 2 dan 6 yaitu 5,400 detik. Waktu tercepat terdapat di koloni 7 yaitu 243 detik, koloni 15 (253 detik), dan koloni 4 (455 detik).

Gambar 1 Waktu yang Dibutuhkan Tiap Koloni Rayap *M. gilvus* Hagen untuk Perbaikan Lorong Kembara



Perbedaan durasi perbaikan lorong kembara dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, di antaranya tingkat kekeringan tanah, ukuran partikel tanah, dan sumber makanan. Apabila lorong rayap berada di daerah dengan tanah kering, hal itu secara signifikan dapat menurunkan kemampuan rayap dalam membuat lorong kembara. Hal ini disebabkan rayap harus memindahkan air untuk membasahi tanah yang akan digunakan untuk membangun lorong, sehingga hal ini membutuhkan lebih banyak energi. Rayap subteran akan lebih memilih membangun lorong kembara pada tanah dengan kelembaban yang tinggi. Selain itu, karakteristik dan ukuran partikel tanah serta kandungan air di dalam tanah akan menentukan kecepatan rayap dalam membangun lorong kembara (Cornelius & Osbrink, 2011). Apabila

ukuran partikel tanah terlalu besar, rayap akan lebih lambat dalam membangun sarang. Sumber makanan juga menjadi salah satu faktor dalam membangun lorong kembara. Jumlah lorong kembara yang berhubungan dengan jalur pencarian makan adalah salah satu faktor yang penting dalam efisiensi pencarian makanan (Jeon, Kang, Su, & Lee, 2010). Apabila lorong kembara tersebut merupakan jalur rayap dalam mendapatkan makanan, rayap akan segera memperbaikinya sehingga proses untuk pencarian makan tidak terhambat (Cornelius & Osbrink, 2011; Jeon et al., 2010).

Pembangunan lorong kembali dimulai dari dinding kemudian yang terakhir adalah pembangunan atap. Hal ini juga terjadi pada saat perbaikan lorong kembara. Faktor lain yang dapat

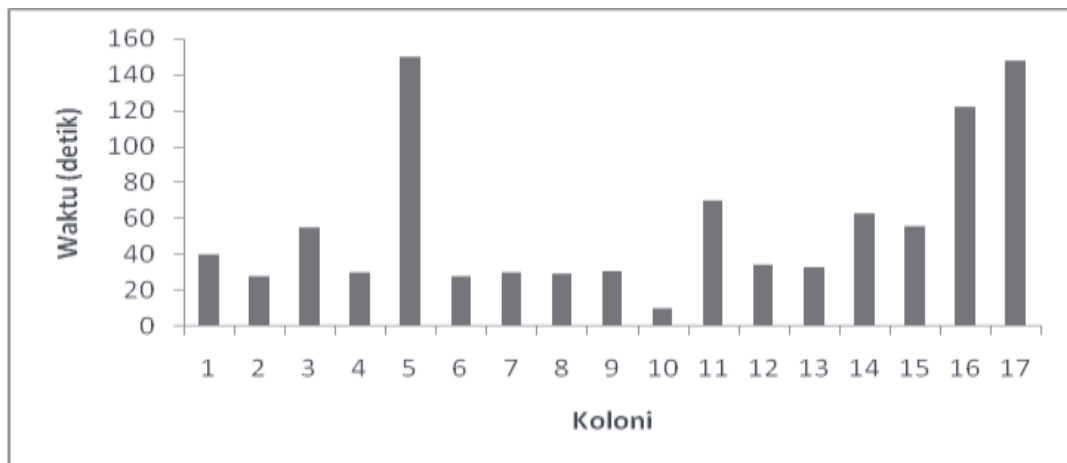
menghambat atau mempengaruhi dalam pembangunan sarang dan lorong kembara pada rayap adalah faktor fisik (angin, intensitas cahaya matahari) dan penghalang logistik (feromon semen, material). Apabila kecepatan angin tinggi, rayap akan lebih lama dalam membangun sarang atau lorong kembara. Sebaliknya, apabila intensitas cahaya tinggi, rayap akan cenderung lebih cepat dalam membangun karena rayap memiliki sifat kriptobiotik. Demikian juga, apabila kandungan feromon semen tinggi pada sarang serta material untuk membangun tersedia dalam jumlah yang cukup, pembangunan sarang dan lorong kembara akan berlangsung lebih cepat. Hal yang terakhir adalah jumlah rayap yang membangun atau kemampuan rayap untuk mengumpulkan rayap pekerja untuk membangun sarang dan lorong

kembara. Semakin banyak rayap pekerja yang bisa dikumpulkan untuk membangun, maka pembangunan akan berjalan lebih cepat (Ladley & Bullock, 2005).

Perilaku Agonistik

Perilaku agonistik yang ditunjukkan oleh kasta prajurit minor rayap *M. gilvus* Hagen memiliki durasi waktu total yang beragam (Gambar 2). Rata-rata waktu total terjadinya perilaku agonistik dari 17 koloni adalah 56 detik. Perilaku agonistik terlama ditemukan pada koloni 5 (150 detik), kemudian koloni 17 (148 detik), dan koloni 16 (122 detik), sedangkan perilaku agonistik tercepat terdapat pada koloni 10 yaitu 10 detik, kemudian koloni 2 dan 6 (28 detik).

Gambar 1 Waktu Total yang Dibutuhkan Tiap Koloni Rayap *M. gilvus* Hagen untuk Perilaku Agonistik



Pengamatan perilaku agonistik pada rayap pekerja *Reticulitermes* (Rhinotermitidae) berlangsung selama lima menit dan menyebabkan kematian pada 24 jam (Delphia, Copren, & Haverty, 2003). Respon agonistik dapat berbeda bergantung dari individu-individu, koloni, dan spesies yang terlibat. Selain itu hubungan genetik, ukuran koloni, kesehatan dan kepadatan koloni, ketersediaan makanan, dan penghalang lainnya yang berasal dari lingkungan dapat mempengaruhi ekspresi dari agonistik (Su & Haverty, 1991). Akan tetapi, ada hasil penelitian lain yang memberikan beberapa faktor yang tidak mempengaruhi perilaku agonistik antara lain perbedaan komposisi hidrokarbon kutikula (Su & Haverty, 1991), jarak geografik (Shelton & Grace, 1997), dan kemiripan genetik antar koloni yang berbeda (Husseneder & Grace, 2001).

Pada pengamatan, tahapan perilaku agonistik yang teramati adalah saling berhadapan, membuka mandibula, dan akhir dari perilaku agonistik yaitu salah satu dari prajurit akan melarikan diri atau mati (Tabel 1). Perilaku agonistik yang diamati sebagian berakhir pada saat salah satu dari rayap tersebut mati yaitu pada koloni 2, 4, 5, 8, 9, 12, 13, dan 14, sedangkan perilaku agonistik yang berakhir ketika musuhnya melarikan diri sebanyak sembilan koloni (koloni 1, 3, 6, 7, 10, 11, 15, 16, dan 17). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Cornelius dan Osbrink (2003) di mana tingkat kematian pada perilaku agonistik pada rayap subteranean *C. formosanus* sangat tinggi. Selain itu semua rayap yang diamati mengalami kematian atau luka yang sangat serius pada pengamatan 15 menit.

Tabel 1
Perilaku Agonistik pada Tiap Koloni Rayap *M. gilvus* Hagen

Koloni	Tahapan Perilaku Agonistik				
	Berhadapan	Membuka Mandibula	Saling Menyerang	Melarikan Diri	Mati
1	v	V	V	v	
2	v	V	V		v
3	v	V	V	v	
4	v	V	V		v
5	v	V	V		v
6	v	V	V	v	
7	v	V	V	v	
8	v	V	V		v
9	v	V	V		v
10	v	V	V	v	
11	v	V	V	v	
12	v	V	V		v
13	v	V	V		v
14	v	V	V		v
15	v	V	V	v	
16	v	V	V	v	
17	v	V	V	v	

Dari kelima tahapan perilaku agonistik, tahapan yang paling dominan adalah tahapan berhadapan dan saling menyerang (Tabel 2). Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk tahapan berhadapan adalah 17.65 detik. Persentase terbesar tahapan berhadapan terdapat pada koloni 12 (58.82%), sedangkan persentase terkecil terdapat pada koloni 11 (5.71%). Persentase terbesar untuk tahapan saling menyerang terdapat pada koloni 11 (87.14%), sedangkan persentase terkecil terdapat pada koloni 26.47%). Dari 17 koloni yang diamati, sebagian besar menunjukkan persentase tahapan saling menyerang lebih besar dibandingkan dengan tahapan berhadapan, kecuali pada empat koloni yaitu koloni 3, 12, 13, dan 17.

Perilaku agonistik antar koloni pada rayap subterranean dapat sangat bervariasi. Perbedaan

durasi dapat mempengaruhi prevalensi perilaku agonistik. Ada beberapa individu yang tidak secara langsung menunjukkan perilaku agresif terhadap individu dari koloni yang berbeda, tetapi menunjukkan perilaku agonistik setelah waktu yang lama. Apabila hal ini terjadi, kemungkinan disebabkan oleh perbedaan komponen pada sistem pencernaannya. Hal ini berhubungan dengan bakteri yang ada pada sistem pencernaan di mana bakteri disebarkan dari satu individu ke individu yang lain di dalam satu koloni melalui proses trofalaksis. Bakteri yang dikeluarkan melalui feses inilah yang digunakan untuk mengenali individu yang berasal dari satu koloni atau individu dari koloni yang berbeda.

Tabel 2

Rata-Rata Durasi Tahap Berhadapan dan Saling Menyerang pada Perilaku Agonistik Rayap M. gilvus Hagen

Koloni	Berhadapan	Saling Menyerang	Durasi Total	Persentase Tahapan Berhadapan (%)	Persentase Tahapan Saling Menyerang (%)
1	5.00	32.00	40.00	12.50	80.00
2	6.00	18.00	28.00	21.43	64.29
3	25.00	20.00	55.00	45.45	36.36
4	4.00	23.00	30.00	13.33	76.67
5	40.00	100.00	150.00	26.67	66.67
6	9.00	16.00	28.00	32.14	57.14
7	5.00	22.00	30.00	16.67	73.33
8	5.00	19.00	29.00	17.24	65.52
9	6.00	20.00	31.00	19.35	64.52
10	2.00	5.00	10.00	20.00	50.00
11	4.00	61.00	70.00	5.71	87.14
12	20.00	9.00	34.00	58.82	26.47
13	19.00	10.00	33.00	57.58	30.30
14	20.00	35.00	63.00	31.75	55.56
15	20.00	30.00	56.00	35.71	53.57
16	40.00	60.00	122.00	32.79	49.18
17	70.00	40.00	148.00	47.30	27.03
Rata-rata	17.65	30.59	56.29	31.35	54.34

Kesimpulan

Rata-rata durasi perbaikan lorong kembara *M. gilvus* Hagen adalah 1,770.47 detik, sedangkan rata-rata durasi perilaku agonistik adalah 56 detik. Pada pengamatan perilaku agonistik dari 17 koloni yang diamati, sebanyak delapan koloni berakhir pada saat salah satu individu mati. Tahapan yang paling dominan adalah saling berhadapan (31.35%) dan saling menyerang (54.34%). Rata-rata durasi saling berhadapan adalah 17.65 detik, dan tahapan saling menyerang adalah 30.59 detik.

Daftar Pustaka

- Afifuddin, Y. (2000). *Keawetan kayu plastik polivinil stirena terhadap serangan rayap kayu kering (Cryptotermes cynocephalus Light) dan rayap tanah (Coptotermes curvignathus Holmgren)* [Skripsi S1 yang tidak dipublikasikan]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Borrer, D. J., Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (1992). *Pengenalan pelajaran serangga*. (Partosoedjono, Trans.). Belmont: Thompson Brooks/Cole (Publikasi pertama 1950).
- Cornelius, M. L., & Osbrink, W. L. A. (2003). Agonistic interactions between colonies of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in New Orleans, Louisiana [Interaksi-interaksi antara koloni rayap bawah tanah Formosan (Isoptera: Rhinotermitidae) di New Orleans, Louisiana]. *Environmental Entomology*, 32(5), 1002-1009.
- Cornelius, M. L., & Osbrink, W. L. A. (2011). Influence of dry soil on the ability of Formosan subterranean termites, *Coptotermes formosanus*, to locate food sources [Pengaruh tanah kering pada kemampuan rayap bawah tanah Formosan, *Coptotermes formosanus*, untuk mendapatkan sumber-sumber makanan]. *Journal of Insect Science*, 11(162), 1-11.
- Delphia, C. M., Copren, K. A., & Haverty, M. I. (2003). Agonistic behavior between individual worker termites from three cuticular hydrocarbon phenotypes of *Reticulitermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) from Northern California [Tingkah laku agonistik antara masing-masing rayap pekerja dari tiga fenotipe kutikula hidrokarbon *Reticulitermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) dari Kalifornia utara]. *Annual Entomology Society America*, 96(4), 585-593.
- Haverty, M. I., & Thorne, B. L. (1989). Agonistic behavior correlated with hydrocarbons of dampwood termites, *Zootermopsis* (Isoptera: Termopsidae) [Tingkah laku agonistik dikorelasikan dengan hidrokarbon dari rayap dampwood, *Zootermopsis* (Isoptera: Termopsidae)]. *Journal of Insect Behavior*, 2(4), 523-543.

- Husseneder, C., & Grace, J. K. (2001). Evaluation of DNA fingerprinting, aggression tests, and morphometry as tools for colony delineation of the Formosan subterranean termite [Evaluasi sidik jari DNA, uji agresi, dan morfometri sebagai alat untuk penggambaran koloni rayap bawah tanah Formosan]. *Journal of Insect Behavior*, 14(2), 173-186.
- Jeon, W., Kang, S. Y., Su, N. Y., & Lee, S. H. (2010). A constraint condition for foraging strategy in subterranean termites [Kondisi keterbatasan untuk strategi mencari makan pada rayap bawah tanah]. *Journal of insect Science*, 10(146), 1-9.
- Jeyasingh, P. D., & Fuller, C. A. (2004). Habitat, specific life, history variation in the Caribbean termite *Nasutitermes acajutlae* (Isoptera: Termitidae) [Habitat, kehidupan khusus, variasi sejarah pada rayap Caribbean *Nasutitermes acajutlae* (Isoptera: Termitidae)]. *Ecological Entomology*, 29, 606-613.
- Ladley, D., & Bullock, S. (2005). The role of logistic constraints in termite construction of chambers and tunnels [Peran keterbatasan logistik pada konstruksi ruang dan lorong rayap]. *Journal of Theoretical Biology*, 234(2005), 551-564.
- Leponce, M., Roisin, Y., & Pasteels, J. M. (1999). Community interactions between ant and arboreal-nesting termites in New Guinea coconut plantations [Interaksi komunitas antara semut dan rayap yang bersarang di pohon di perkebunan kelapa di New Guinea]. *Insect Sociaux*, 46(2), 126-130.
- Shelton, T. G., & Grace, J. K. (1997). Suggestion of an environmental influence on intercolony agonism of Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) [Usulan pengaruh lingkungan pada agonisme interkoloni rayap bawah tanah Formosan]. *Environmental Entomology*, 26(3), 632-637.
- Sobotnik, J., Bourguignon, T., Hanus, R., Sillam-Dusses, D., Pfliegerova, J., Weyda, F., . . . Roisin, Y. (2010). Not only soldiers have weapons: Evolution of the frontal gland in imagoes of the termite families Rhinotermitidae and Serritermitidae [Bukan hanya tentara yang memiliki senjata: Evolusi kelenjar frontal pada tahap imago rayap famili Rhinotermitidae and Serritermitidae]. *Public Library of Science ONE*, 5(12), 1-7.
- Su, N. Y., & Haverty, M. I. (1991). Agonistic behavior among colonies of the Formosan subterranean termites, *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae), from Florida and Hawaii: Lack of correlation with cuticular hydrocarbon composition [Tingkah laku agonistic rayap bawah tanah Formosan *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae), dari Florida dan Hawaii: Tidak adanya korelasi dengan komposisi kutikular hidrokarbon]. *Journal of Insect Behavior*, 96(4), 115-128.
- Supriana, N. (1984). *Perilaku rayap*. Bogor: IPB-Press.
- Tambunan, B., & Nandika, D. (1990). *Deteriorasi kayu oleh faktor biologis*. Bogor: IPB Press.
- Tarumingkeng, R. C. (2000). *Manajemen deteriorasi hasil hutan*. Jakarta: Ukrida Press.
- Tho, Y. P. (1992). Termites of Peninsular Malaysia [Rayap peninsular Malaysia]. Dalam L. G. Kirton, (Ed.), *Malayan Forest Record* No. 36 (hal. 224-442). Kuala Lumpur: Forest Research Institute.